



PCT/FR 00 / 00 4931p-02

REC'D 22 MAR 2000

WIPO PCT

BREVET D'INVENTION

FR 00 / 493

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION**COPIE OFFICIELLE****PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **06 MARS 2000**

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS Cédex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04
Télécopie : 01 42 93 59 30

THIS PAGE BLANK (USPTO)

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Confirmation d'un dépôt par télécopie ☐

Cet imprimé est à remplir à l'encre noire en lettres capitales

Réservé à l'INPI

DATE DE REMISE DES PIÈCES

- 1 MARS 1999

1

NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

99 02719-

CABINET PEUSCET.

DÉPARTEMENT DE DÉPÔT

NA

18 avenue Raymond Poincaré
75116 PARIS

DATE DE DÉPÔT

01/03/99

01.45.02.60.00

2 DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle

☒ brevet d'invention

☐ demande divisionnaire

☐ certificat d'utilité

☐ transformation d'une demande de brevet européen



demande initiale

☐ brevet d'invention

☐ certificat d'utilité n°

date

Établissement du rapport de recherche

☐ différé

☒ immédiat

Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance

☐ oui

☐ non

Titre de l'invention (200 caractères maximum)

PROCEDE DE PROTOTYPAGE RAPIDE PERMETTANT L'UTILISATION DE
MATERIAUX PATEUX, ET DISPOSITIF POUR SA MISE EN OEUVRE

3 DEMANDEUR (S)

n° SIREN 4.1.2.3.5.4.9.0.4

code APE-NAF 2.9.4.A

Nom et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination

OPTOFORM SARL PROCEDES DE PROTOTYPAGE
RAPIDE

Forme juridique

SARL

Nationalité (s)

Adresse (s) complète (s)

Z. A. LA PORTE VERTE
ATELIER N°5 RUE DES SABLES
54420 PULNOY

Pays

4 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont les demandeurs

☐ oui

☒ non

En cas d'insuffisance de place, poursuivre sur papier libre ☐ Si la réponse est non, fournir une désignation séparée

5 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES

☐ requise pour la 1ère fois

☐ requise antérieurement au dépôt : joindre copie de la décision d'admission

6 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE

pays d'origine

numéro

date de dépôt

nature de la demande

7 DIVISIONS

antérieures à la présente demande n°

date

n°

date

8 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE

(nom et qualité du signataire)

ALLANIC

SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RÉCEPTION

SIGNATURE APRÈS ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI

Christine HUGUIN

DÉSIGNATION DE L'INVENTEUR

(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

99 027 19

DEPARTEMENT DES BREVETS

26bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 Paris Cédex 08
Tél. : 01 53 04 53 04 - Télécopie : 01 42 93 59 30

TITRE DE L'INVENTION :

PROCÉDÉ DE PROTOTYPAGE RAPIDE PERMETTANT
L'UTILISATION DE MATÉRIAUX PATEUX, ET
DISPOSITIF POUR SA MISE EN ŒUVRE

LE(S) SOUSSIGNÉ(S)

OPTOFORM SARL
PROCÉDÉS DE PROTOTYPAGE RAPIDE

DÉSIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) (indiquer nom, prénoms, adresse et souligner le nom patronymique) :

• ALLANIC ANDRÉ-LUC
29 RUE DE SOLIGNAC
54 000 NANCY

• SCHAEFFER PHILIPPE
MAISON FORESTIÈRE
54 700 ATTON

NOTA : A titre exceptionnel, le nom de l'inventeur peut être suivi de celui de la société à laquelle il appartient (société d'appartenance) lorsque celle-ci est différente de la société déposante ou titulaire.

Date et signature (s) du (des) demandeur (s) ou du mandataire

ALLANIC
Albert ALLANIC
Gerant OptoForm

La présente invention porte sur un procédé de fabrication de pièces tridimensionnelles à partir de données informatiques représentant leur forme, et sur un dispositif de mise en œuvre de ce procédé. Il est connu de réaliser des pièces par transformation de volumes successifs (généralement de fines couches) d'une matière première d'un premier état en un second état, au
5 moyen d'un dispositif induisant ladite transformation, par répétition d'un cycle comprenant notamment une phase de transformation de la matière dans au moins une partie d'un champ de travail grâce au dispositif induisant la transformation, et une phase de recouvrement de la matière transformée par de la matière non encore transformée.

La plupart des machines dites de « Prototypage Rapide » mettent en œuvre ce type de procédé, notamment les machines de stéréolithographie, utilisant une matière première liquide
10 photosensible (susceptible d'être polymérisée ou réticulée) combinée à un dispositif d'illumination (par balayage laser ultraviolet par exemple), et les machines dites de frittage de poudres, utilisant une matière première sous forme de poudre, ladite poudre étant susceptible d'être localement agglomérée par effet thermique (par balayage laser infrarouge par exemple).

De nombreuses demandes de brevets relatives à ce type de machines ont été déposées, notamment pour le domaine de la stéréolithographie. Une description complète du procédé est donnée dans le document EP 0361847, des procédés similaires sont également décrits dans les documents EP 0450762 et EP 0484182. Dans le document EP 02876657 on trouve une description détaillée d'un
15 procédé de frittage de poudre, ainsi qu'une description de l'appareil pour la mise en œuvre du procédé.

Une caractéristique commune aux procédés de stéréolithographie et de frittage de poudres est qu'ils nécessitent la mise en œuvre de moyens pour étaler la matière première sous forme de fines couches (pour réaliser la phase de recouvrement), de manière automatique, rapide, et homogène. De manière générale, la phase de recouvrement consiste à balayer la surface du champ de travail à
20 l'aide d'au moins un organe de forme allongée appelé racleur, ledit racleur étant mis en mouvement au-dessus du champ de travail. Selon les cas, le racleur transporte la matière mise en jeu pour le recouvrement, ou bien ne sert qu'à égaliser un dépôt préalable de matière.

De nombreux dispositifs ont été imaginés pour la réalisation du racleur. Par exemple, dans le
30 domaine des poudres, on trouve dans le document EP 02876657 (figure 9) la description d'un racleur constitué par un rouleau (116) animé d'un mouvement de rotation autour de son axe, cet axe étant disposé parallèlement au plan du champ de travail, la partie inférieure du rouleau coïncidant sensiblement avec l'altitude du champ de travail. Ce rouleau est animé également d'un mouvement de translation au cours duquel il entraîne un volume de matière situé en amont (162),
35 et étale progressivement une nouvelle couche de matière en aval (164), recouvrant la matière précédemment transformée (166).

En ce qui concerne les matières premières liquides, on distingue deux types de procédés : soit le recouvrement proprement dit est assuré au préalable sur le champ de travail par des moyens de recouvrement (déversoir, spray, immersion, ...), et le racleur ne fait qu'égaliser ensuite la surface libre de liquide par un mouvement de balayage horizontal, soit le racleur effectue simultanément les fonctions de recouvrement et d'égalisation. Le second mode de fonctionnement suppose le transport par le racleur (ou par des moyens annexes associés) d'un volume de matière suffisant pour recouvrir les zones venant d'être solidifiées.

Différents dispositifs ont été imaginés pour la réalisation du racleur, par exemple une simple lame rigide (cf. document EP 0361847, (26) figure 2), dont la section peut avoir une forme particulière (figures 16-20), ou l'association de deux éléments rigides (document EP 0484182, 15A, 15B, figure 15(A)), auxquels sont attachés des éléments de brosse disposés en quinconce. Ces premiers dispositifs n'ont pas donné entière satisfaction.

En effet, lorsque l'on déplace un racleur dit « racleur simple », comme par exemple une lame (ou tout autre équivalent plus ou moins souple) dont la partie inférieure est en contact avec la surface libre d'un liquide, parallèlement à ladite surface libre, on génère des efforts au voisinage de la zone de contact entre la lame et le liquide. Ces contraintes locales de cisaillement se transmettent au sein du liquide situé en dessous de la surface libre, sur une profondeur bien supérieure à l'épaisseur de la couche mise en place.

Dans le cas des résines classiquement utilisées en stéréolithographie, dont le comportement est proche d'un liquide Newtonien, ayant des viscosités de quelques milliers de centiPoises, le racleur peut générer des mouvements de liquide sur une profondeur pouvant aller de quelques millimètres à quelques centimètres.

Les portions de matière solide ou quasi-solide transformée lors des cycles précédents constituent des obstacles au sein du liquide en mouvement, ce qui se traduit par de fortes variations des conditions d'écoulement du liquide. Il en résulte que, au voisinage des frontières de la section en cours de fabrication, apparaissent des défauts de planéité de la couche venant d'être étalée par le racleur. Une illustration schématique de ces défauts est donnée dans le document WO 95/15842, sur les figures 2 à 5, où sont représentés des ménisques (concaves ou convexes), au voisinage des zones de transition liquide-solide.

Ces ménisques induisent des défauts géométriques sur les pièces réalisées, et constituent, une fois solidifiés, un handicap supplémentaire pour la mise en place de la couche suivante, ce qui se traduit finalement par une amplification de défauts, incompatible avec le dispositif de recouvrement (risque d'arrachement de couches, d'accidents matériels, ...).

Pour limiter ces inconvénients, il est parfois possible de ralentir la vitesse de déplacement du racleur, ou d'imposer un temps de relaxation avant de procéder à la phase de transformation suivante, mais ces solutions ont pour conséquence une augmentation substantielle des temps de fabrication des pièces, conduisant à des surcoûts de production pouvant être rédhibitoires.

La solution proposée dans le document WO 95/15842 ne remet pas en cause le recours à un racleur dit « racleur simple », mais consiste à réaliser au voisinage des pièces une structure de garnissage épousant sensiblement la forme des pièces, ayant pour effet de reporter les problèmes de ménisques dans des zones éloignées desdites pièces. Ce procédé astucieux permet la mise en œuvre d'un « racleur simple » constitué par une pièce allongée souple de faible épaisseur, et permet d'atteindre des durées très courtes pour les phases de recouvrement. L'apport de matière nécessaire pour effectuer la phase de recouvrement est réalisé par le transport d'une sorte de vague de matière, formée au départ du mouvement du racleur, le volume de matière constitué par ladite vague étant progressivement consommé sous l'effet de la combinaison de la gravité et du mouvement de translation.

Une autre solution, décrite dans le document WO 96/23647 consiste à utiliser un racleur dit « racleur actif », en l'occurrence, il s'agit d'un rouleau animé d'un mouvement de rotation propre dans le sens « contrarotatif », associé à une sorte de digue, constituée par une sorte de lame rectiligne, dont la partie inférieure est située à une faible distance de la partie supérieure du rouleau. Un rouleau tournant dans le sens « contrarotatif » est tel que tout point situé sur sa périphérie, lorsqu'il passe par le point de sa trajectoire le plus proche du champ de travail, a une vitesse tangentielle relative par rapport à l'axe de rotation dirigée dans le même sens que la vitesse de déplacement de l'axe de rotation du rouleau par rapport au champ de travail.

Le fonctionnement de ce dispositif est schématisé à la figure 2 du document, dans le cas où un dépôt préalable de matière (24a) a été réalisé en amont. La digue (54) forme obstacle à la libre circulation du liquide (46) situé en amont du rouleau, permettant une régulation de l'épaisseur W du film (55) formé sur la portion aval du rouleau. La surface libre du film (55) rencontre celle de la couche formée en aval (26), formant un point de rebroussement très aigu (la surface 26 est pratiquement tangente à la surface 57) au voisinage de la génératrice inférieure du rouleau (30). Ce point de rebroussement définit l'altitude de la surface libre de la matière déposée en aval, et comme en régime permanent il est fixe par rapport à l'axe du rouleau, la couche peut être bien égalisée.

Une analyse détaillée des phénomènes physiques mis en jeu est proposée dans le document, pour expliquer les avantages d'un tel dispositif par rapport à une simple lame (racleur simple), notamment en ce qui concerne les interactions avec le liquide situé au voisinage du racleur. Il apparaît notamment (page 21 ligne 10 à page 22 ligne 19 de la description), que le sens de rotation « contrarotatif » du rouleau atténue fortement lesdites interactions, alors qu'à l'opposé, un mouvement dans le sens non « contrarotatif », qu'on appellera « sens roulant » dans la suite de ce document, induirait des effets de pression ayant pour conséquence la mise en place d'une couche non homogène (voir page 22 lignes 15 à 19 du document).

Différentes variantes sont proposées, notamment concernant la section de ladite digue et son orientation. D'autres variantes pour remédier aux effets indésirables d'accumulation éventuelle de la matière au voisinage de la lame sont exposées : utilisation d'un dispositif d'évacuation à vis sans fin, ou d'une lame dans laquelle est pratiquée une canalisation. Enfin, deux modes

5 d'alimentation sont proposés pour le dispositif : soit la couche de matière est préalablement déposée en amont, et le racleur ne fait que corriger les défauts de planéité résiduels, soit le racleur transporte un volume de liquide suffisant pour fournir la quantité de matière nécessaire au recouvrement (comme pour la solution du document WO 95/15842).

10 Il existe une gamme de matériaux particulièrement intéressants pour le Prototypage Rapide, permettant notamment de s'affranchir du défaut principal des poudres (réalisation de pièces poreuses) et de celui des résines liquides acryliques ou époxy (faible résistance mécanique, fragilité, etc...) : les matériaux fortement visqueux, voire pâteux. Ces matériaux peuvent être obtenus par exemple par addition d'un fort taux volumique de charge solide (poudre), dans un

15 liant constitué de résine liquide photosensible ou thermodurcissable. Dans la suite, on qualifiera de pâtes la catégorie de matériaux englobant les matériaux de très forte viscosité (supérieure à 10000 centiPoises), ou les matériaux « à seuil marqué ». Un matériau « à seuil » est tel qu'il ne s'écoule pas (gradient nul) tant que la contrainte de cisaillement qui lui est appliquée ne dépasse pas une valeur minimale. On dira qu'un matériau présente un « seuil marqué », lorsque la valeur

20 de cette contrainte de cisaillement est supérieure à 50 Newton par mètre carré.

Les solutions connues pour effectuer les phases de recouvrement ne conviennent pas pour le traitement des pâtes, en raison principalement de leur relative « insensibilité » à l'action de la gravité terrestre.

25 En effet, il faut tout d'abord recouvrir la matière venant d'être transformée par une couche de pâte, ce qui est bien sûr pratiquement impossible par simple procédé d'immersion. La solution classiquement adoptée, consistant à transporter un volume de matière avec une racle, mise en mouvement parallèlement au champ de travail, et à déposer progressivement ce volume de matière, situé en amont de la racle, sur les couches inférieures, est relativement difficile à mettre

30 en œuvre avec les pâtes. Pour que l'étalement ait lieu, il est indispensable que le volume de matière situé en amont de la racle, proche du bord inférieur de celle-ci, soit en contact avec la surface libre des couches inférieures. En effet, le volume de matière est alors soumis à un fort gradient de vitesse (vitesse de déplacement du racleur pour la partie en contact avec la racle, et vitesse nulle pour la partie en contact avec les couches inférieures), générant les contraintes de

35 cisaillement requises pour obtenir l'écoulement de matière indispensable d'amont en aval. Tant que la gravité assure un écoulement descendant du volume de matière situé en amont, suffisamment rapide pour compenser le flux de matière consommée pour l'étalement, ce contact

indispensable peut être maintenu. Par contre, si ce contact est rompu, le volume de matière en amont est simplement transporté, sans être étalé. Or, avec des pâtes, le flux induit par l'action de la gravité au sein du volume en amont de la racle est très faible (en raison de leur forte viscosité), et peut même être nul si leur seuil d'écoulement est suffisamment important. Par conséquent, même si on fournit au départ un volume de matière en amont de la racle, théoriquement suffisant pour assurer le recouvrement souhaité, on s'expose à des « décrochages », ou défauts de recouvrement (formation de « trous » dans la couche déposée), incompatibles avec le procédé de fabrication.

Certes, pour contourner le problème, on pourrait imaginer effectuer un dépôt préalable de matière, la racle ne jouant alors plus qu'un rôle d'égénération. Cependant, il n'est pas simple de réaliser un tel dépôt préalable. En effet, il faudrait recourir à des moyens de transfert adaptés aux matériaux pâteux (pompes spéciales), assurer leur déplacement au-dessus du champ de travail, ce qui engendre des coûts et une complexité supplémentaire, surtout si on désire contrôler finement le débit de matière. De plus, pour ne pas risquer de « décrochage », il faudrait nécessairement fournir un excès permanent de matière en amont. Or cela impliquerait une accumulation progressive de matière sur la racle lors de son parcours au-dessus du champ de travail, et donc la nécessité de mettre en œuvre des moyens pour éliminer le volume ainsi accumulé.

Le procédé selon l'invention permet de remédier à ces inconvénients. Pour simplifier la suite de la description, on a choisi de se placer implicitement dans le cas particulier où le champ de travail est horizontal (cela permet d'utiliser des expressions telles que « au-dessus », « bord inférieur », etc...). Ce choix rédactionnel ne doit pas être interprété comme une limitation de la portée de l'invention, dans la mesure où avec des pâtes, le procédé selon l'invention peut fonctionner avec un champ de travail non horizontal, voire avec un champ de travail ayant une surface courbée.

25

Selon l'invention, lors de l'une au moins des phases de recouvrement, ladite phase de recouvrement utilisant au moins un racleur mis en mouvement pour effectuer les différentes phases de recouvrement, ledit racleur comprenant au moins un organe de forme allongée appelé poussoir, dont le bord inférieur décrit une surface coïncidant sensiblement avec la surface du champ de travail lors du parcours du racleur au-dessus du champ de travail, on forme une sorte de boudin de matière première, c'est-à-dire un volume de matière première de forme allongée, disposé contre le bord inférieur du poussoir, en amont de celui-ci, la portion inférieure du boudin étant située au voisinage de la surface du champ de travail, et on anime le boudin de matière première d'un mouvement de rotation sur lui-même autour de son axe, au moyen d'au moins un organe appelé rouleur, situé en amont du poussoir, ledit rouleur étant animé d'un mouvement de rotation autour d'un axe sensiblement parallèle au racleur.

35

Ainsi, on assure un recyclage rapide de la matière première au voisinage du bord inférieur du pousseur, en amont, ce qui permet de s'affranchir du problème de « décrochage » cité ci-dessus, le boudin étant transporté par le pousseur en mouvement au-dessus de la surface du champ de travail.

5

Avantageusement, selon l'invention, on impose audit boudin de matière première une rotation dans le « sens roulant ». En effet, un tel sens de rotation permet d'animer la matière constituant la portion inférieure du boudin d'une composante de vitesse opposée à celle imposée par le mouvement du pousseur, ce qui contribue à limiter les interactions avec les couches inférieures, et donc à limiter l'amplitude des défauts (ménisques) qui en résultent.

10

Selon l'invention, on pourra avantageusement transporter le boudin de matière première formé en amont du pousseur selon un mouvement de roulement sans glissement sur le champ de travail, en adaptant la vitesse de rotation propre dudit boudin de matière première à la vitesse de déplacement du pousseur. Ce mode particulier de transport de la matière permet d'assurer une vitesse relative de la matière située dans la portion inférieure du boudin, par rapport à celle des couches inférieures, pratiquement nulle lorsqu'elle entre en contact avec lesdites couches inférieures, ce qui contribue fortement à un dépôt « en douceur », comme si on déroulait un film de pâte sur les couches inférieures. Il suffit que la portion de matière située au voisinage de la surface extérieure dudit boudin respecte cette condition de roulement sans glissement pour obtenir l'effet désiré (d'éventuels mouvements internes de matière au sein du boudin de matière, non conformes aux conditions de roulement sans glissement, sont acceptables). Les pâtes obtenues par ajout d'une charge solide dans un liant liquide étant en général opaques, seule la surface extérieure du boudin de matière est visible, c'est pourquoi, pour obtenir l'effet bénéfique désiré, on dira que le boudin de matière doit être transporté selon un mouvement « apparent » de roulement sans glissement.

15

20

25

Selon l'invention, pour fournir au racleur la matière première nécessaire au recouvrement, on procède avantageusement de la manière suivante : on forme sur la trajectoire du racleur, grâce à des moyens d'alimentation, au moins un volume de matière première dont la partie supérieure est émergente par rapport à la surface décrite par le bord inférieur du pousseur lors du mouvement du racleur, de sorte que, lors de son parcours, le racleur arase ladite partie émergente de matière première et la transporte en direction du champ de travail pour recouvrir la matière déjà transformée. Ce mode d'alimentation permet notamment de déporter la zone d'alimentation en dehors du champ de travail, et d'éviter la mise en œuvre de moyens d'alimentation mobiles.

30

35

Il est avantageux d'utiliser des matières premières qui, dans leur premier état, sont des matériaux pâteux présentant un seuil d'écoulement marqué. En effet, avec de tels matériaux, on limite la profondeur sur laquelle on entraîne des mouvements au sein des couches inférieures, ces mouvements ne pouvant avoir lieu qu'à partir d'un niveau de contraintes minimal (le seuil d'écoulement). Or, plus ladite profondeur est faible, moins les risques d'apparition de ménisques, sont importants.

Dans une variante de l'invention, on effectue au moins une fois une inversion du sens de déplacement du racleur pour réaliser deux phases de recouvrement successives (séparées par une phase de transformation). Ce mode permet d'éviter de faire parcourir au racleur un parcours de recyclage, qui serait nécessaire si la phase de recouvrement était réalisée toujours dans le même sens. Dans le cadre de cette variante de l'invention, il est avantageux de former le boudin de matière première entre deux pousseurs disposés parallèlement entre eux (au moins un rouleau étant disposé dans l'espace compris entre les deux pousseurs), de sorte que, lors de l'inversion du mouvement du racleur, on puisse toujours avoir un boudin en amont d'un pousseur. En effet, comme cela est décrit dans le commentaire de la figure 3, on peut faire en sorte que le boudin se détache du pousseur avec lequel il était en contact, et soit récupéré par le second pousseur après inversion du mouvement. Ainsi, il est possible de s'affranchir de la nécessité de fournir un apport de matière avant chaque phase de recouvrement.

Il n'est pas nécessaire de disposer de plus d'un rouleau, étant donné que celui-ci est placé entre les deux pousseurs, il peut être utilisé alternativement avec l'un ou l'autre des pousseurs, en adaptant éventuellement son sens de rotation au sens de déplacement. Comme cela est illustré à la figure 3, on pourra avantageusement, pour la mise en œuvre de cette variante du procédé selon l'invention, réaliser un racleur comportant au moins deux pousseurs liés à un châssis commun, ledit châssis étant lié aux moyens de guidage et d'entraînement du racleur au moyen d'une liaison par pivot.

Avantageusement, on assure une élévation sensible du pousseur, situé en amont (relativement au sens de déplacement du racleur) par rapport à la surface du champ de travail, de sorte que celui-ci ne se charge pas de matière première en arasant, lors de son passage au-dessus du champ de travail, les éventuels ménisques émergents créés lors de la phase de recouvrement précédente. Après inversion du sens de déplacement du racleur, la matière première ainsi accumulée sur le pousseur risque d'être déposée de manière incontrôlable sur le champ de travail, ce qui conduirait à la mise en place d'une couche irrégulière.

Le dispositif pour la mise en œuvre de l'invention comprend :

- des moyens pour induire la transformation de la matière première dans un champ de travail
- des moyens pour effectuer les phases de recouvrement utilisant au moins un racleur comportant au moins un pousseur, ledit pousseur étant constitué par un élément mécanique de forme allongée, dont le bord inférieur décrit une surface coïncidant sensiblement avec la

- surface du champ de travail lors du parcours du racleur au-dessus du champ de travail, et au moins un rouleur, constitué par un élément mécanique de forme allongée, disposé parallèlement au pousseur, en amont du pousseur, et entraîné en rotation, par des moyens d'entraînement, autour d'un axe sensiblement parallèle au pousseur, le ou lesdits racleur(s) étant mis en mouvement sensiblement parallèlement au champ de travail au cours des phases de recouvrement par l'intermédiaire de moyens de guidage et d'entraînement.
- des moyens pour déplacer les volumes déjà transformés par rapport au champ de travail
 - éventuellement un conteneur pour contenir de la matière
 - des moyens pour piloter les différents organes du dispositif
- des moyens d'alimentation en matière première

Pour obtenir aisément la formation d'un boudin de matière première roulant sur lui-même au voisinage du bord inférieur du pousseur, en amont dudit pousseur, il est intéressant de disposer le rouleur par rapport au pousseur de manière à assurer l'existence d'un interstice suffisamment grand entre la surface de la couche précédemment déposée et la portion inférieure dudit rouleur. En effet, un tel interstice permet à la matière située en amont du pousseur, au voisinage du bord inférieur du rouleur, de circuler selon la trajectoire sensiblement circulaire imposée par le mouvement du rouleur, sans être « freinée » ou déviée de sa trajectoire, par la matière fixe des couches inférieures (notamment les portions transformées) avec laquelle elle entre en contact. Cet écoulement local en arc de cercle, autour de l'axe du rouleur, en amont du pousseur, permet d'amorcer la formation du boudin de matière désiré, et lorsqu'il est réalisé, d'entretenir son mouvement de rotation sur lui-même. On a pu constater qu'avec un interstice de hauteur au moins égale à l'épaisseur de la couche en cours de dépôt, la formation du boudin et sa rotation propre sont faciles à obtenir avec des pâtes peu épaisses, pour des pâtes plus épaisses il est préférable d'avoir un interstice nettement supérieur à l'épaisseur de la couche en cours de dépôt. Pour réaliser cette hauteur minimale de l'interstice (épaisseur de la couche en cours de dépôt), il suffit de disposer l'axe de rotation du rouleur à une altitude supérieure à celle du bord inférieur du pousseur, la différence d'altitude entre l'axe de rotation du rouleur et le bord inférieur du pousseur étant au moins égale à la valeur du plus grand rayon des cercles décrits par les points matériels du rouleur lors de son mouvement de rotation propre.

Le dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention est caractérisé en ce que l'axe de rotation du rouleur est disposé relativement au bord inférieur du pousseur, en amont dudit pousseur, à une altitude supérieure ou égale au plus grand rayon des cercles décrits par les points matériels du rouleur lors de son mouvement de rotation propre.

Avantageusement, le sens de rotation du rouleur est le « sens roulant », ce qui permet d'imposer au boudin de matière transporté un sens de rotation dans le « sens roulant ».

Il est intéressant de choisir un pousseur dont la face en regard avec le rouleur présente une protubérance sensiblement parallèle au bord inférieur du pousseur, la section de ladite protubérance présentant avantageusement une portion anguleuse bien marquée. En effet, on réalise ainsi une sorte de cavité dans la portion inférieure du pousseur, qui, combinée à l'action du
 5 rouleur et au déplacement du pousseur, contribue à canaliser la matière transportée par le racleur sous la forme de boudin roulant sur lui-même. Il est intéressant également de pouvoir régler facilement l'altitude de ladite protubérance, par exemple à l'aide d'une pièce rapportée plaquée contre la face amont du pousseur, comme cela est illustré à la figure 2 annexée. En effet, on a constaté que ce paramètre (altitude de la protubérance) permet d'optimiser la qualité du
 10 recouvrement effectué en fonction des caractéristiques rhéologiques du matériau traité. Par conséquent, avec un tel pousseur à « géométrie variable », on pourra traiter de manière optimale une grande variété de pâtes, par un simple réglage mécanique, plutôt que de devoir changer le pousseur à chaque changement de matériau.

Il est avantageux de choisir un pousseur présentant une forme effilée dans sa partie inférieure. En
 15 effet, on a constaté que pour les pâtes très épaisses, la qualité des couches était nettement améliorée par la mise en œuvre d'un pousseur ayant, dans sa partie inférieure, un bord relativement tranchant. Il est intéressant de jouer, pour cette sorte d'outil de coupe, sur l'angle d'attaque et l'angle de dépouille, afin de s'adapter au mieux aux particularités de chaque matériau. Avec des pâtes, il est parfois difficile d'assurer une parfaite homogénéité de la matière, ce qui
 20 peut être gênant pour le procédé. Par exemple dans le cas où des bulles d'air sont emprisonnées lors de la réalisation du mélange, il peut en résulter l'apparition de « trous » après étalement de la matière. Pour remédier à cet inconvénient, il est intéressant de faire parcourir au racleur, une certaine course de démarrage, dans une zone externe au champ de travail, proche de la frontière du champ de travail. En effet, au cours de cette course de démarrage, avant d'atteindre son régime
 25 permanent de fonctionnement, le racleur selon l'invention brasse la matière située en amont, ce brassage ayant pour effet d'une part d'homogénéiser la matière initialement délivrée, et d'autre part, de conformer la matière pour obtenir la forme de boudin désirée.

Dans le cas où l'on désire recouvrir de grandes surfaces, avec une épaisseur de matière importante, on doit fournir au départ un volume important de matière, ce qui rend plus difficile
 30 l'opération de brassage initial. De plus, le volume de matière diminue progressivement au cours de l'opération de recouvrement, ce qui peut nécessiter, dans certains cas, une adaptation évolutive des paramètres de fonctionnement. Une telle adaptation est facilement réalisable pour ce qui concerne la vitesse de rotation du rouleur et la vitesse de déplacement du racleur, par contre il est beaucoup plus délicat de fournir des moyens pour faire évoluer les paramètres géométriques de
 35 configuration du racleur au cours du recouvrement.

L'ajout d'un second rouleur animé d'un mouvement propre de rotation permet d'améliorer le fonctionnement du racleur selon l'invention. En effet, avec un racleur constitué d'un pousseur et

d'au moins deux rouleurs, on peut obtenir réaliser un brassage plus efficace qu'avec un seul rouleur, et on peut aussi atténuer les effets liés à l'évolution du volume de matière transporté. En effet, le volume de matière circulant au voisinage du rouleur le plus proche du bord inférieur du pousseur évolue peu, cette évolution est reportée sur le second rouleur qui, étant éloigné du bord

5 inférieur du pousseur, perturbe peu l'opération de recouvrement.

Lorsque le volume de matière transportée est important, il n'est pas simple de canaliser les écoulements de matière avec un seul rouleur, notamment si l'on désire obtenir un mouvement du boudin proche du roulement sans glissement sur le champ de travail. C'est pourquoi, il est avantageux pour la réalisation du racleur, d'utiliser au moins deux rouleurs animés d'un

10 mouvement de rotation dans le « sens roulant ».

Pour la réalisation du racleur selon l'invention, de nombreuses variantes peuvent encore être mises en œuvre : la forme géométrique de la section du pousseur peut être constante ou non le long du pousseur, le rouleur peut être choisi dans la famille des barreaux prismatiques de section circulaire, carrée, triangulaire, le nombre de rouleurs peut également être supérieur à deux, on

15 peut associer plusieurs racleurs pour effectuer simultanément plusieurs passages (ébauche, finition par exemple) sur la même zone, etc ...

Pour mieux faire comprendre l'objet de l'invention, on va en décrire, à titre d'exemples purement illustratifs et non limitatifs, plusieurs modes de réalisation représentés sur les dessins annexés. Sur

20 ces dessins :

- la figure 1 représente une vue d'ensemble d'un dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention.
- la figure 2 représente le mode préféré de réalisation d'un racleur pour la mise en œuvre de l'invention
- 25 - la figure 3 représente un exemple de réalisation d'un mode particulier de réalisation des phases de recouvrement selon l'invention, avec inversion du sens de déplacement du racleur pour effectuer deux phases de recouvrement successives.

Sur la figure 1 est représentée une vue d'ensemble d'un dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention. Un dispositif pour induire les transformations 1 dans un champ de travail 104, est disposé au-dessus du centre d'un support 2 constitué par une pièce rectangulaire (de dimensions LX selon l'axe X et LY selon l'axe Y) dont la face supérieure est plane, le support étant lié à des moyens de guidage et d'entraînement 3 par l'intermédiaire d'une pièce de liaison 4.

30 Une table T dont la face supérieure 5 est plane et horizontale, dans laquelle est pratiquée une ouverture 6 rectangulaire de dimension supérieure à LX selon l'axe X et supérieure à LY selon l'axe Y, est disposée de sorte que, lors de son mouvement, le support 2 puisse passer au travers de ladite ouverture 6. Deux autres ouvertures (7, 8) de forme allongée, de longueur

35

approximativement égale à LX, disposées parallèlement à l'axe X, à une faible distance du bord de l'ouverture 6, sont également pratiquées dans ladite table T. Un racleur 9 de forme allongée, lié à des moyens de guidage et d'entraînement 101 pour être animé d'un mouvement de translation horizontal selon l'axe Y, est susceptible de se déplacer d'une position initiale (la position dans laquelle il est représenté en trait plein) à une position finale (9' : position du racleur représenté en pointillé). Des moyens d'alimentation en matière 103, constitués par exemple par des pistons remplis initialement de matière, ou par un dispositif de pompage, sont reliés aux ouvertures 7 et 8, pour permettre un apport de matière, selon la direction ascendante Z, au travers desdites ouvertures 7 et 8. Les ouvertures 6, 7 et 8 sont situées dans une zone basse, délimitée par le contour 10, dans laquelle la face supérieure de la table est plane et horizontale, mais dont l'altitude est légèrement inférieure à celle de la face 5.

Des moyens de pilotage 102, reliés aux organes 1, 3, 101 et 103, permettent de piloter le dispositif.

Initialement, le support 2 est amené à une position telle que sa face supérieure coïncide sensiblement avec la face supérieure de la table T. De la matière est distribuée au travers des ouvertures 7 et 8, et le racleur 9 effectue un mouvement d'aller-retour entre ses deux positions extrêmes, de sorte que l'espace compris dans la zone basse, soit progressivement comblé par de la matière, la surface libre de la matière coïncidant sensiblement avec le plan de la face 5, la face supérieure du support 2 étant recouverte d'une fine couche de matière. A ce stade le cycle de fabrication peut démarrer : on réalise une première phase de transformation à l'aide du dispositif 1, de sorte que les parties transformées adhèrent au support 2, puis le support 2 est déplacé vers le bas, d'une distance correspondant à l'épaisseur de la couche désirée. On suppose que le racleur est situé à la position 9, de la matière est distribuée par l'ouverture 7, puis le racleur se déplace jusqu'à la position 9', effectuant le recouvrement souhaité. Une nouvelle phase de transformation peut alors être réalisée, puis, après descente du support 2, alimentation en matière par l'ouverture 8, et retour du racleur à la position initiale 9, on est prêt à effectuer une nouvelle phase de transformation. Le cycle peut ainsi être réalisé autant de fois qu'il est nécessaire pour empiler suffisamment de couches pour la réalisation complète d'une pièce. En fin de fabrication, le support se retrouve recouvert d'une sorte de parallélépipède de matière, formé par l'empilement des couches, la pièce étant incluse dans ce volume de matière. Le support est alors dégagé vers le bas, en vue des opérations de post traitement de la pièce (élimination ou récupération de la matière environnant la pièce, nettoyage, traitements de finition, ...).

La succession des opérations est gérée par des moyens informatiques de pilotage (102) reliés aux différents organes de la machine (1, 3, 101, 103).

Sur la figure 2 est représenté en coupe transversale un mode préféré de réalisation d'un racleur selon l'invention. Le poussoir est constitué par deux pièces (22, 24) de section constante, liées à un châssis 21, le châssis étant lié, directement ou non à des organes de guidage et d'entraînement

(non représentés). La pièce 22 possède dans sa partie inférieure 23 une forme effilée. La pièce 24 est susceptible d'être déplacée selon la direction verticale (Axe Z), et possède dans sa partie inférieure une portion anguleuse 25 qui constitue une protubérance par rapport à la face de la pièce 22 en contact avec la matière première 28, de sorte que l'altitude à laquelle se situe ladite protubérance est facilement réglable, pour permettre une adaptation à différents types de matériaux. Deux rouleurs, 26 et 27, constitués par des cylindres disposés parallèlement au poussoir sont liés au châssis 21 par l'intermédiaire de paliers (non représentés) et liés chacun à un organe d'entraînement (non représenté) pour être animés d'un mouvement de rotation propre dans le « sens roulant ». L'ensemble du racleur ainsi constitué est déplacé en translation selon l'axe Y (dans le sens indiqué par la flèche F), entraînant un volume de matière 28, qui, du fait du mouvement de rotation propre des rouleurs, est amené à former une sorte de boudin de section pratiquement constante le long de son axe, roulant sur lui-même selon un axe de rotation parallèle au racleur (ce mouvement de rotation de la matière entraînée est symbolisé par les petites flèches au sein du volume 28), conformément au procédé selon l'invention, et roulant sur la surface libre de matière déjà déposée (représentée par le plan 29). Au voisinage de la zone 30, une portion du volume de matière transporté est déposée sur la surface 29 (alimentation en amont), ce dépôt étant égalisé par le bord inférieur du poussoir au voisinage de la zone 31 pour réaliser, en aval, une nouvelle surface libre de matière, coïncidant sensiblement avec l'altitude du champ de travail 32. Les paramètres essentiels de réglage de ce dispositif sont les suivants : D1 et D2 diamètres respectifs des cylindres 26 et 27, A1 et A2 vitesse angulaire de rotation respective des cylindres 26 et 27, (Z1, Y1) et (Z2, Y2) les coordonnées des axes respectifs des pièces 26 et 27 par rapport au point de contact entre la surface 32 et la partie inférieure de la pièce 22, ZC et YC les dimensions de la cavité formée par l'assemblage des pièces 23 et 24 (ZC étant facilement réglable par déplacement de la pièce 24), enfin VY la vitesse de déplacement de l'ensemble.

Dans le mode préféré de réalisation, les valeurs choisies sont les suivantes : D1 et D2 compris entre 2 et 20 mm, A1 et A2 compris entre 10 et 1500 tours/minute, Z1 (respectivement Z2) compris entre 0.5 et 4 fois D1 (respectivement D2), Y1 (respectivement Y2) compris entre 0.5 et 6 fois D1 (respectivement D2), YC compris entre 0.5 et 10 millimètres, ZC compris entre 2 et 20 millimètres, et VY compris entre 1 et 200 millimètres/seconde.

Sur la figure 3 est représenté un racleur constitué par l'assemblage de deux ensembles identiques dans une configuration « face à face », permettant d'effectuer une inversion du sens de déplacement du racleur entre deux phases de recouvrement successives (mouvement de va et vient). Le fonctionnement de ce dispositif est schématisé en trois étapes (3A, 3B et 3C).

Les deux ensembles 40 et 41 sont constitués chacun, pour l'exemple représenté, d'un poussoir et de deux rouleurs, dans une configuration symétrique telle que les rouleurs sont situés dans l'espace compris entre les deux pousseurs.

Cette association est réalisée par deux pièces en forme de T situées aux extrémités de l'ensemble allongé formé par les deux racleurs, de manière à réaliser une sorte de portique. Sur le schéma, en vue de côté, seule l'une des extrémités du portique a été représentée. La pièce en T représentée, constituée par une barre « horizontale » 42, et une barre « verticale » 43, est reliée à un chariot

5 CH guidé en translation parallèlement au champ de travail représenté par la ligne 45, la liaison étant réalisée au moyen d'un pivot P. L'extrémité inférieure du T est reliée, dans l'exemple représenté, par un second pivot P', à des moyens d'entraînement constitués ici par une courroie 46 ayant une portion parallèle au champ de travail 45, ladite courroie étant entraînée par des moyens d'entraînement (moteur, poulie, ... : non représentés). Deux butées réglables (47, 48) situées sur

10 le chariot CH, permettent de limiter le mouvement de basculement de la pièce en T. Sur la figure 3A, une force dirigée selon la flèche FA est appliquée à la courroie, provoquant un basculement du portique selon le sens indiqué par la flèche B. Lorsque la pièce 43 arrive en contact avec la butée 47, le portique est bloqué dans son mouvement de pivot, et est entraîné en translation dans la direction de la flèche FA. Le réglage de la butée 47 permet de faire coïncider l'altitude de la

15 couche déposée par la portion 40 du racleur avec le plan de travail 45. Le boudin de matière 49 a été représenté au voisinage de la portion 40 du racleur, ce volume de matière est transporté dans la direction FA pour effectuer le recouvrement. Sur la figure 3B, la force appliquée sur la courroie est inversée (direction FB), ce qui se traduit par un basculement du portique selon le sens B'. Lors de ce basculement, le boudin de matière 49 reste en contact avec le plan de travail 45, et quitte donc la portion 40 du racleur qui a été élevée par rapport à la surface 45 lors du basculement. Sur

20 la figure 3C, le mouvement de basculement amorcé à la figure 3B est achevé, la pièce 43 étant entrée en contact avec la butée 48. Le réglage de la butée 48 est tel que l'altitude de la couche déposée par la portion 41 du racleur coïncide sensiblement avec le plan de travail 45, de sorte que, lors du mouvement de translation (selon la flèche FB, une fois le basculement terminé), la portion

25 41 du racleur se charge du volume de matière 49 pour effectuer un recouvrement sur le champ de travail. On constate que dans le mouvement de va et vient du dispositif, la matière est transférée d'un racleur à l'autre (ou, si l'on considère l'ensemble comme un racleur unique, d'un côté à l'autre du racleur), ce qui permet éventuellement d'alimenter l'ensemble une seule fois pour effectuer plusieurs phases de recouvrement successives. Ainsi, on peut se limiter à une seule zone

30 de distribution de la matière, au lieu des deux zones (ouvertures 7, 8) représentées dans le cas de la figure 1.

Le basculement autour d'un pivot permet de réaliser très simplement une élévation de la portion inférieure du poussoir du racleur (inactif) situé en amont, pour éviter que ce poussoir inactif arase de la matière au cas où la surface libre de matière présenterait des défauts (ménisques vers le

35 haut), ce qui conduirait, comme cela a été signalé plus haut, à des risques de dépôt incontrôlé de matière, lors du retour de ce poussoir inactif (qui devient alors le poussoir actif).

REVENDICATIONS

- 1) Procédé de prototypage rapide pour la production de pièces tridimensionnelles par transformation de volumes successifs d'une matière première d'un premier état en un second état,
5 au moyen d'un dispositif induisant ladite transformation (1), ledit procédé comportant une répétition d'un cycle comprenant les étapes suivantes :
- phase de transformation de la matière première dans au moins une partie d'un champ de travail (104, 32, 45) grâce au dispositif induisant la transformation (1)
 - phase de recouvrement de la matière transformée (PI) par de la matière non transformée
10 (MAT), ladite phase de recouvrement utilisant au moins un racleur (9, 40, 41) mis en mouvement pour effectuer les différentes phases de recouvrement, ledit racleur comprenant au moins un organe de forme allongée appelé pousseeur (22), dont le bord inférieur décrit une surface coïncidant sensiblement avec la surface dudit champ de travail (104, 32, 45) lors du parcours du racleur au-dessus dudit champ de travail (104, 32, 45),
15 caractérisé par le fait que, lors l'une au moins desdites phases de recouvrement, on forme une sorte de boudin de matière première (28, 49), c'est-à-dire un volume de matière première de forme allongée, disposé contre le bord inférieur dudit pousseeur (22), en amont de celui-ci, la portion inférieure du boudin (28, 49) étant située au voisinage de la surface du champ de travail (104, 32, 45), et on anime ledit boudin de matière première d'un mouvement de rotation sur lui-même autour de son axe, au moyen d'au moins un organe appelé rouleur (26, 27), situé en amont
20 du pousseeur (22), ledit rouleur (26, 27) étant animé d'un mouvement de rotation autour d'un axe sensiblement parallèle au racleur (9, 40, 41).
- 2) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on impose audit boudin de matière première une rotation dans le sens roulant.
- 25 3) Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'on transporte le boudin de matière première formé en amont du pousseeur selon un mouvement apparent de roulement sans glissement dudit boudin sur le champ de travail, en adaptant la vitesse de rotation propre dudit boudin de matière première à la vitesse de déplacement du pousseeur.
- 30 4) Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'on forme sur la trajectoire du racleur, grâce à des moyens d'alimentation (103), au moins un volume de matière première dont la partie supérieure est émergeante par rapport à la surface décrite par le bord inférieur du pousseeur (32, 45) lors du mouvement du racleur (9, 40, 41), de sorte que, lors de son parcours, le racleur arase ladite partie émergeante de matière première et la transporte en direction du champ de travail (104, 32, 45) pour recouvrir la matière déjà transformée (PI).
- 35 5) Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ladite matière première dans son premier état est un matériau pâteux présentant un seuil d'écoulement marqué.

6) Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'on effectue au moins une fois une inversion du sens de déplacement du racleur pour réaliser deux phases de recouvrement successives, séparées par une phase de transformation.

7) Procédé selon la revendication 6, on forme le boudin de matière première entre deux pousseurs (22) disposés parallèlement entre eux, au moins un rouleur (26, 27) étant disposé entre dans l'espace compris lesdits pousseurs.

8) Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'on assure une élévation sensible du pousseur situé en amont, relativement au sens de déplacement du racleur, par rapport à la surface du champ de travail (104, 32, 45) lors de son passage au-dessus du champ de travail (104, 32, 45).

9) Dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 8, comprenant :

- des moyens pour induire la transformation (1) de la matière première dans un champ de travail (104, 32, 45)
- des moyens pour effectuer les phases de recouvrement utilisant au moins un racleur (9, 40, 41) comportant au moins un pousseur (22), ledit pousseur étant constitué par un élément mécanique de forme allongée, dont le bord inférieur décrit une surface coïncidant sensiblement avec la surface du champ de travail (104, 32, 45) lors du parcours du racleur (9, 40, 41) au-dessus du champ de travail (104, 32, 45), et au moins un rouleur (26, 27), constitué par un élément mécanique de forme allongée, disposé parallèlement au pousseur (22), en amont du pousseur (22), et entraîné en rotation, par des moyens d'entraînement, autour d'un axe sensiblement parallèle au pousseur (22), le ou lesdits racleur(s) (9, 40, 41) étant mis en mouvement sensiblement parallèlement au champ de travail (104, 32, 45) au cours des phases de recouvrement par l'intermédiaire de moyens de guidage et d'entraînement (101)
- des moyens (2, 3, 4) pour déplacer les volumes déjà transformés (PI) par rapport au champ de travail
- éventuellement un conteneur pour contenir de la matière première
- des moyens pour piloter les différents organes du dispositif (102)
- des moyens d'alimentation en matière première (103),

caractérisé en ce que l'axe de rotation du rouleur (26, 27) est disposé relativement au bord inférieur du pousseur (22), en amont dudit pousseur (22), à une altitude supérieure ou égale au plus grand rayon des cercles décrits par les points matériels du rouleur (22) lors de son mouvement de rotation propre.

10) Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que le sens de rotation du rouleur est le sens roulant.

- 11) Dispositif selon l'une des revendications 9 à 10, caractérisé en ce que la face du pousseur (22) en regard avec le rouleur (26, 27) présente une protubérance (25) sensiblement parallèle au bord inférieur dudit pousseur (22).
- 12) Dispositif selon la revendication 11, caractérisé en ce que ladite protubérance présente une
5 portion anguleuse (25) bien marquée.
- 13) Dispositif selon l'une des revendications 11 à 12, caractérisé en ce que ladite protubérance (25) est réalisée à l'aide d'une pièce rapportée (24) plaquée contre la face amont du pousseur.
- 14) Dispositif selon l'une des revendications 9 à 13, caractérisé en ce que le pousseur présente une forme effilée dans sa partie inférieure (23).
- 10 15) Dispositif selon l'une des revendications 9 à 14, caractérisé en ce que l'un au moins desdits racleurs comporte au moins un pousseur (22) et au moins deux rouleurs (26, 27).
- 16) Dispositif selon la revendication 15, caractérisé en ce que deux au moins des rouleurs (26, 27) sont animés d'un mouvement de rotation dans le sens roulant.
- 17) Dispositif selon l'une des revendications 9 à 16, caractérisé en ce que le racleur (9, 40, 41)
15 comporte au moins deux pousseurs (22) liés à un châssis commun (42), ledit châssis étant lié aux moyens de guidage et d'entraînement (101) du racleur (9, 40, 41) au moyen d'une liaison par pivot (P).
- 18) Dispositif selon l'une des revendications 9 à 17, caractérisé en ce que l'un au moins des rouleurs (26, 27) est un barreau prismatique de section constante, la forme de ladite section étant
20 choisie dans l'ensemble {circulaire, carrée, triangulaire}, le diamètre de ladite section étant compris entre 2 et 20 millimètres, la vitesse de rotation dudit rouleur (26, 27) étant comprise entre 10 et 1500 tours/minute, la distance (Y1) dans la direction horizontale entre l'axe dudit rouleur et le bord inférieur du pousseur étant comprise entre 0.5 et 4 fois le diamètre dudit rouleur, la distance dans la direction verticale (Z1) entre l'axe dudit rouleur et le bord inférieur du pousseur
25 étant comprise entre 0.5 et 6 fois le diamètre dudit rouleur, ledit pousseur comportant une protubérance (25) située à une distance (ZC) dans la direction verticale comprise entre 2 et 20 millimètres, la vitesse de déplacement du racleur (9, 40, 41) étant comprise entre 1 et 200 millimètres par seconde.



FIGURE 1

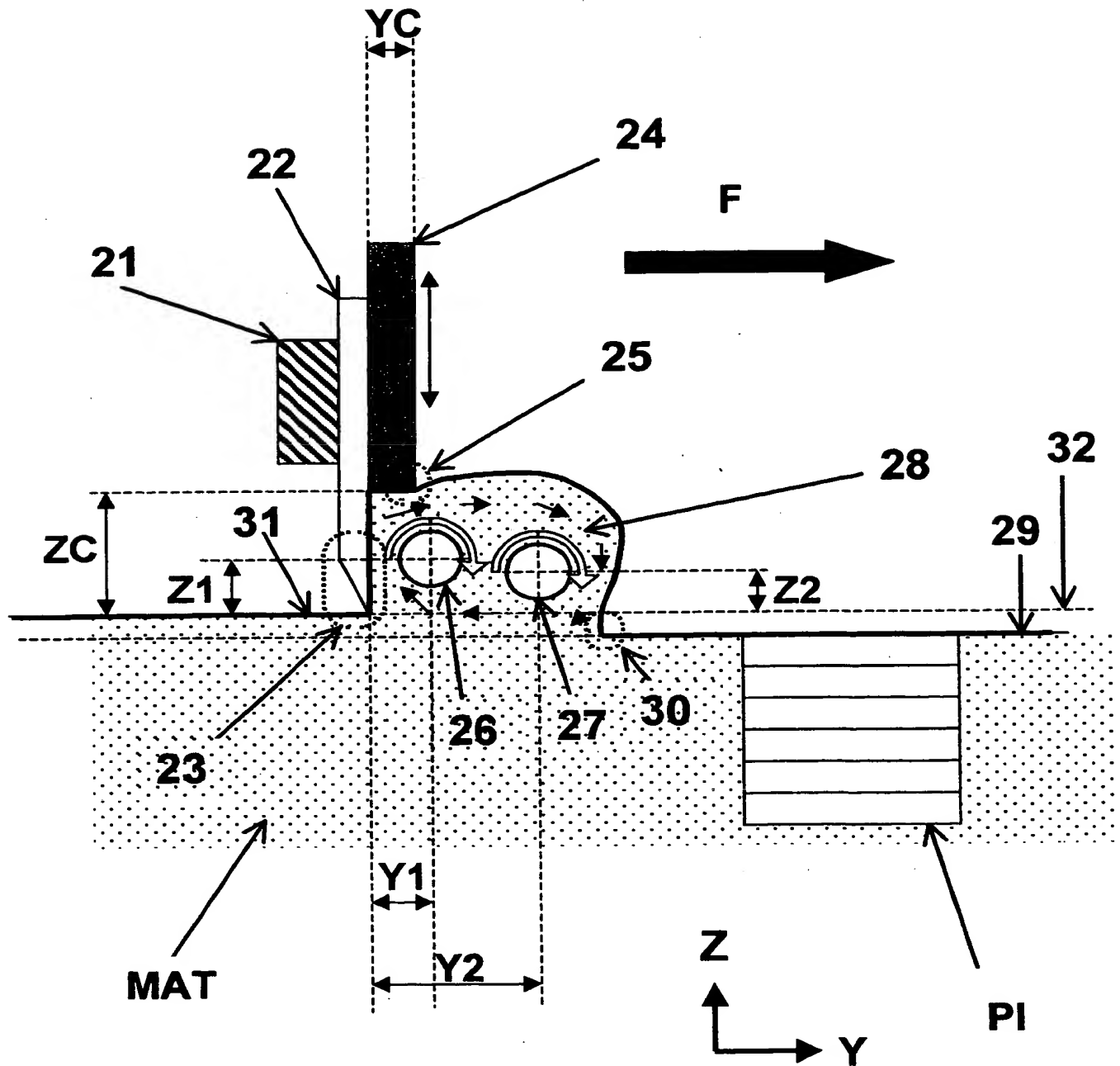


FIGURE 2

FIGURE 3

THIS PAGE BLANK (USPTO)